

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-62029

(43)公開日 平成6年 (1994) 3月4日

(51) Int. Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 L 12/44		8529-5K	H 0 4 L 11/00	3 4 0
12/56		8529-5K	11/20	1 0 2 D

審査請求 有 請求項の数13 (全 23 頁)

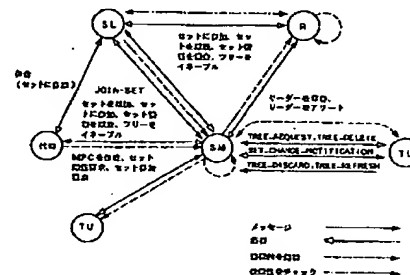
(21)出願番号	特願平5-122965	(71)出願人	390009531 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州 アーモンク (番地なし)
(22)出願日	平成5年 (1993) 5月25日	(72)発明者	ヨシユア・セト・アウエルバッハ アメリカ合衆国06877、コネティカット州 リッジフィールド、ローリング・リッジ・ロード20
(31)優先権主張番号	9 0 0 6 2 8	(74)代理人	弁理士 頓宮 孝一 (外4名)
(32)優先日	1992年6月18日		最終頁に続く
(33)優先権主張国	米国 (U S)		

(54)【発明の名称】 通信ネットワーク・システム

(57)【要約】

【目的】 ユーザ・セットの制御管理とは独立に通信経路を確立する方法とシステムの提供。

【構成】 分配ツリーは、ツリー・リーダーによるツリー・アドレスの生成によって作成される。そのネットワークの識別子とノード識別子とを利用して、ツリー・アドレス相関子が生成され、マルチキャスト・ツリー・セットのメンバーごとに、接続された副ノードまたはユーザのリストが生成される。これにより必要な副ノード全てを包むツリー分配経路を計算し、ツリー・リーダーによって、その経路に沿って関連する各副ノードにツリー・セットアップ要求が送られる。各副ノードは、ツリー・アドレスが既に使用中であるかどうかを示すメッセージを返す。交渉に成功したツリー・アドレスは、ネットワーク全体の各ノードにある経路リンクの始点と終点でマークされる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 通信リンクによって互いに相互接続された複数のノードを有し、前記通信リンクを介して前記ノードに位置する通信ネットワーク・ユーザにメッセージを送り配布することができ、前記ユーザの定義済みサブセットのメンバーの間で通信できるように分配ツリーに編成されている、通信ネットワーク・システムであって、前記各ノードがそれぞれ、前記サブセット用の分配ツリー・リーダーとして動作する手段を備え、前記分配ツリー・リーダー手段が、

分配ツリー・アドレスを生成するための第1手段と、前記分配ツリー・アドレスと組み合わせられると、前記分配ツリー・リーダーによって前記分配ツリー内に含まれた前記サブセットのメンバーを有する前記すべてのノードで、前記分配ツリーを一義的に識別する、分配ツリー・アドレス相関識別子を生成するための第2手段と、分配ツリー作成要求メッセージを生成し、これを、前記分配ツリーのサービスを受けるメンバーを有する前記すべてのノードに送るための第3手段と、前記分配ツリー作成要求メッセージを受け取り、これに回答して、前記分配ツリー・アドレスが、前記ノードで現在使用中であるかどうかを示す応答と、どの分配ツリー・アドレスが前記ノードで現在使用可能であるのかの表示とを生成し送るための第4手段と、前記ノードからの応答に回答して、前記応答のどれとも衝突しないアドレスを使用して、前記分配ツリー内に含まれる前記すべてのノードにメッセージを分配できるようにするための第5手段とを含むことを特徴とする、通信ネットワーク・システム。

【請求項2】 さらに、前記各ノードにあり、前記応答と衝突しない前記ツリー・アドレスを、前記ノードの前記分配ツリーに含まれる外向きの前記通信リンクと関連付けるための第6手段を備える、請求項1に記載の通信ネットワーク・システム。

【請求項3】 前記第1手段がさらに、前記分配ツリー・アドレスを生成するための乱数発生器を備えることを特徴とする、請求項1に記載の通信ネットワーク・システム。

【請求項4】 前記第1手段がさらに、前記分配ツリー・アドレスを生成するための乱数発生器を備えることを特徴とする、請求項2に記載の通信ネットワーク・システム。

【請求項5】 前記アドレス相関識別子が、前記ツリー・リーダーの常駐する前記ノードのノード識別と、任意のカウンタ値とを含むことを特徴とする、請求項1ないし4のいずれかに記載の通信ネットワーク・システム。

【請求項6】 前記第5手段が、前記アドレスがいずれかのノードで現在使用中であることを示す前記応答を受け取った時、前記ノードで現在使用可能なツリー・アドレスに関する受け取った前記表示を利用し、前記使用可能

なアドレスから新規ツリー・アドレスを選択することを特徴とする、請求項1ないし4のいずれかに記載の通信ネットワーク・システム。

【請求項7】 分配ツリー・アドレスを生成するための第1手段と、

前記分配ツリー・アドレスと組み合わせられると、分配ツリー・リーダーによって分配ツリー内に含まれたすべてのノードで、前記分配ツリーを一義的に識別する、分配ツリー・アドレス相関識別子を生成するための第2手段と、

分配ツリー作成要求メッセージを生成し、これを、前記分配ツリーのサービスを受けるユーザを有する前記すべてのノードに送るための第3手段と、

前記分配ツリー作成要求メッセージを受け取り、これに回答して、前記分配ツリー・アドレスが、前記ノードで現在使用中であるかどうかを示す応答と、どの分配ツリー・アドレスが前記ノードで現在使用可能であるのかの表示とを生成し送るための第4手段と、

前記ノードからの前記応答に回答して、前記応答のどれとも衝突しない前記アドレスを使用して、前記分配ツリー内に含まれる前記すべてのノードにメッセージを分配できるようにするための第5手段とを備える、複数の相互接続されたノードのネットワーク内の任意のノードで使用するための分配ツリー・リーダー。

【請求項8】 さらに、前記各ノードにあり、前記応答と衝突しない前記ツリー・アドレスを、前記ノードで前記分配ツリーに含まれる外向きの前記通信リンクと関連付けるための第6手段を備える、請求項7に記載の分配ツリー・リーダー。

【請求項9】 前記第1手段がさらに、前記分配ツリー・アドレスを生成するための乱数発生器を備えることを特徴とする、請求項7に記載の分配ツリー・リーダー。

【請求項10】 前記第1手段がさらに、前記分配ツリー・アドレスを生成するための乱数発生器を備えることを特徴とする、請求項8に記載の分配ツリー・リーダー。

【請求項11】 前記第5手段が、前記分配ツリー・アドレスが前記ノードで現在使用中であることを示す前記応答を受け取った時、前記現在使用可能な分配ツリー・アドレスに関する前記表示を利用し、新規分配ツリー・アドレスを選択することを特徴とする、請求項7ないし10のいずれかに記載の分配ツリー・リーダー。

【請求項12】 通信リンクによって互いに相互接続された複数のノードを有し、前記通信リンクを介して前記ノードに位置するユーザにメッセージを送り配布することができ、前記ユーザの定義済みサブセットのメンバーの間で通信できるように分配ツリーに編成されている、通信ネットワークを管理する方法であって、前記サブセット用の分配ツリー・リーダーを選択するステップと、

前記ツリー・リーダーにおいて、分配ツリー・アドレス

を生成するステップと、
前記ネットワーク内で前記サブセット用の前記分配ツリーを一義的に識別するため、分配ツリー・アドレス相関識別子を生成し、前記識別子を前記分配ツリー・アドレスと組み合わせるステップと、
分配ツリー作成要求メッセージを作成し、これを、前記ネットワーク・リンクを介して、前記分配ツリーのサービスを受けるユーザを有する前記すべてのノードに送るステップと、
前記分配ツリー作成要求メッセージを受け取り、前記分配ツリー・アドレスが現在使用中であるかどうかを示す応答メッセージと、どの分配ツリー・アドレスが各受取り側ノードで現在使用可能であるのかの表示とを生成し、送るステップと、
前記応答のどれとも衝突しない一義的な前記分配ツリー・アドレスを選択するステップとを含む方法。

【請求項13】さらに、ユーザの前記サブセット用の前記分配ツリーの一部である、前記ネットワーク内の前記各ノードで、前記各通信リンクに前記一義的分配ツリー・アドレスを割り当てるステップを含む、請求項12の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、全般的にはパケット伝送通信システムに関し、具体的には、そのようなシステムでマルチキャスト・ツリー通信を管理する方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】多重ノード通信ネットワーク内でのパケット伝送技法の使用がまったく普通のことになってきている。このようなシステムには、通常、伝送リンクによって相互接続され、全体通信システムを形成する、複数のパケット交換ノードが含まれる。デジタル情報がパケットのグループに分割され、各パケットは、交換ノードを制御して、パケットを親ノードから1つまたは複数の宛先に移動するのに必要な経路指定情報を含むヘッダを有する。このようなシステムは、クラスタ化されたデータ処理サイトの小型の局所サービスだけでなく、全国的または国際的な範囲の大型の大規模分散データ処理機能にも使用されている。

【0003】経路指定のプロトコルまたは方法は、伝送システムを介したノードからノードへのパケットの経路指定を制御するのに使用される。自動ネットワーク経路指定(ANR)では、パケット交換経路の連続するレグ(legs)に対して、リンクされたラベルまたは識別子の連結を使用する。パケットがネットワークを横断する際にラベルがはぎ取られるが、必ず次に必要なラベルが経路指定フィールドの先頭に残る。これらの連結されたラベルのコンパイルおよび管理が、エラーを生じる可能性があり、余分な処理を必要とする。これは、接続された

1組のネットワーク・ノードおよびリンクとして定義される分配ツリー(distribution tree)をセットアップすることによって回避できる。このようなツリー中では、独自のツリー・アドレスがパケット・ヘッダの経路指定フィールド中で使用され、同一のツリー・アドレスがそのツリーを形成する各リンクに関連付けられる。マルチキャスト・パケットがあるパケット交換ノードに達する時、そのパケット内のツリー・アドレスが、そのノードから出るすべてのリンクに関連するツリー・アドレスと比較される。その後、このパケットを、そのノードから、アドレスの一致が発生した1つまたは複数のリンク上へ伝播することができる。複数の枝を1つの交換ノードに接続し、これを介してマルチキャスト・システムのかかなり多数の最終ユーザにパケットを同時に伝播できるようにすることによって、非常に高い効率が達成される。

【0004】マルチキャスト・ツリー経路指定には、そのネットワーク上でパケット交換プロトコルを介して通信することを望むユーザのために、1組の伝送システムを作成し維持することが必要である。これには、その1組のメンバーを互いに相互接続するのに最適な経路を決定し維持することも必要である。従来技術では、ユーザの周知のグループのためにマルチキャスト・ツリーを作成し使用することが一般的であったが、そのグループのメンバーが変化する時、ハードウェア障害が発生する時、あるいは1ユーザもしくはツリーの1区画の再活性化によってそのツリー経路内にループが生じる時に、かなりの問題が生じる。したがって、ツリー経路のセットアップまたは定義は重要な関心項目であり、それに関して多くの記述が行われてきた。

【0005】たとえば、IEEE 1991年4月号掲載のIEEE INFOCOM 1991報告書に記載のブベニク(Bubenik)他の論文"Multipoint Connection Management in High Speed Networks"を参照されたい。また、1990年12月付のIBM Corporationの研究報告書に記載のセガル(Segall)他の発表"Reliable Multiuser Tree Setup with Local Identifiers"をも参照されたい。

【0006】ツリー分配機構をセットアップする方法は、前述の従来技術に記載された様々な手順に従ってきた。これらの手順には、経路を計算してリンク識別子の連結を作成する直列アルゴリズムと、ホップ・バイ・ホップ処理で計算を行って経路長を最短にする直列アルゴリズムが含まれる。これらの手法のどちらも、ツリー・セットアップ・メッセージをノードからノードへ直列に伝播しなければならない点で、その結果を解釈して所望の解を得なければならない点で、効率が悪いと考えられる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来技術のマルチキャスト・パケット通信システムにおける前述の既知の問題を考慮して、本発明の目的は、マルチキャスト・ユーザ

・セット自体の制御および管理とは独立してマルチキャスト・ツリー通信経路をセットアップするための改良された方法およびシステムを提供することである。

【0008】本発明のもう1つの目的は、マルチキャスト・ツリー経路指定方式での伝送経路の管理が、各ツリー編成によって、システム内の各ツリー内でツリー・リーダーが指定される形で実行される、改良されたパケット通信のシステムを提供することである。

【0009】本発明の上記の目的および具体的には列挙しないその他の目的は、後述する好ましい実施例で満たされる。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、プロセッサと、通信ネットワーク・トポロジ・データベースと、必要なメモリと、様々な制御機能および管理機能を実行するための実行可能プログラムとを含む、個々の各ノード内の機能を利用する。本出願人に譲渡された米国特許出願900647号に記載の通り、各ノードは、セット・マネージャのサービスを受ける1組のユーザ（ユーザ・セット）の必要に応じて、様々な役割を引き受けることのできるセット・マネージャとして働く、命令コードから構成される。セット・マネージャの主な機能は、セットの作成、変更および解体に関するものであり、前述の特許出願明細書に記載されている。他の機能は、様々な役割で動作中のセット・マネージャによって制御されるネットワーク内での分配ツリーの作成および管理に、独自にかつ別々に関連する。ネットワーク内での分配ツリーの作成、解体および制御は、ツリー・リーダー（TL）に割り当てられた独立の機能である。既知のグループにメッセージを伝送し、あるいはマルチキャスト・パケットの搬送のために1つまたは複数のツリー通信経路を作成または活動化するために、セットのメンバーまたは外部からの要求に回答して、いずれかのノードに常駐するツリー・リーダーを呼び出すことができる。ユーザ・セットのセット管理をツリー通信の作成および管理から分離すると、セット・メンバーの変化に対してより効率的に回答でき、ネットワーク内の通信障害に対してより迅速に回答できるという利点がある。セット・メンバーと伝送経路作成をそれぞれ独立に分散制御すると、冗長度が増加するため、マルチキャスト通信システムを利用する際の信頼性ははるかに高くなる。セット・メンバーの変更と様々な伝送経路の存続可能性の変化をツリー・リーダーに知らせるため、セット管理機能とツリー・リーダー機能の間でメッセージを交換する。セット・マネージャからツリー・リーダーへの変更通知メッセージが呼び出されるのは、ツリー・ユーザがセットに加わったまたはセットから離れた時、あるいはセット・マネージャがツリー・リーダーからツリー・リフレッシュ・メッセージを受け取らなかった時である。自動タイムアウト機能を用いると、ツリー・リーダーが伝送リンクの障

害に回答できるようになり、これは、迅速かつ効率的にツリーの分割を引き起こす。

【0011】

【実施例】本発明は、ネットワーク内の分配ツリーが1組のメンバーを包含するようにして、その中でユーザ・セットおよびネットワークの作成および管理とは独立に、ツリー自体を作成および管理できるようにするためのプロトコルを含む。分配ツリーは、現在のセット・メンバーの知識とセット・マネージャから与えられるネットワーク・トポロジの知識とを有する、ツリー・リーダーによって作成される。セット管理と、前述の関連特許出願に用いられる用語の、ある程度の理解が必要である。

【0012】セット・マネージャとは、異なるマルチキャスト・グループまたはマルチキャスト・セットに関するメンバー情報を維持し調整する、マルチキャスト・サービスで必要な構成要素である。前述の関連特許出願に示されるように、セット管理は、好ましい実施例ではネットワーク内のすべてのノードで実施され、セット・マネージャ、セット・リーダーおよびネットワーク・レジストラの具体的な機能を実行するのに必要な機能を有する。

【0013】セット・マネージャとして動作する制御機能コードは、そのセット・マネージャが常駐する特定のノードにある、またはそのノードのサービスを受ける、様々な伝送ユーザ（TU）の代わりに働く。セット・マネージャ（SM）は、局所メンバーを追跡し、局所メンバーが存在しそのノードでサービスを受ける、すべてのグループのIDを追跡する。グループIDは、ユーザの1グループを一義的に識別する。

【0014】セット・リーダー（SL）とは、所与のセットについて、そのユーザ・セット全体に関するメンバー情報を維持する、所与のグループID用の特定のセット・マネージャである。これは、局所的にサービスを受けるメンバーに関する情報だけを知っているSMとは異なる。

【0015】レジストラ（R）とは、ネットワーク内で動作して、ネットワーク内で接続されるグループIDごとにせいぜい1つのSLが存在するように保証する、特定のセット・マネージャであり、そのセットに関する情報を獲得するように、クライアントに指示し、あるいは割り当てられたSLにマルチキャスト・セットの外部から要求する。

【0016】これに関連して、本発明のツリー・リーダー（TL）は、セット・メンバーとセット・マネージャから教えられたネットワーク・トポロジに基づいて、マルチキャストに使用するための分配ツリーを作成し維持するタスクを委ねられる。分配ツリーを必要とするセットのセット・リーダーが、ツリー・リーダーになる。ツリー・リーダーは、現在のセット・メンバーを反映す

る分配ツリーを作成し、そのツリーの拡張、削除、あるいはもはや不要になった時にはそのツリー全体の破棄を管理する。あるセットのために作成され維持されたツリーを用いると、伝送ユーザが、セット・メンバーのためにそれ自体の分配ツリーを作成する必要なしに、そのセットへのアクセス権を獲得できるようになる。セットは、外部の非メンバーがツリーのサービスを利用できるか否かという点で、開放型でも閉鎖型でもよい。

【0017】主にセット・メンバーとその管理に関するセット・マネージャ、レジストラおよびセット・リーダーの機能を、ツリーを含むネットワーク内の1組の別々の経路の作成、維持および制御に関するツリー・リーダーの機能から分離することが、本発明の重要な態様である。セット管理をツリーの作成および管理から分離すると、とくに高速ネットワークにとって決定的な、モジュール式のより効率的な実施態様が得られる。通信を開始する前に効率的な分配ツリーを確立しておくことは、ビデオやマルチメディア通信の場合のように高帯域パケット・トラフィックが不可欠の要件となる場合には、とくに必要である。さらに重要なことに、このようなリアルタイム依存システムでネットワーク障害に迅速に応答するには、ツリーを維持し、ツリー・メンバーへの進行中の通信の中断を避けるために代替ツリー経路または回復ツリー経路をすばやく作成する、なんらかの方法が必要である。

【0018】本発明によれば、所与のユーザ・セット内に存在する複数のツリーを作成することも可能になる。これによって、1つまたは複数の追加ツリーもしくは全く新規のツリーを作成して、帯域幅の需要を通信ノード間に公平に分散させ、このようにしてセットの必要を満足させることによって、このセットに関連する既存のツリーの帯域幅容量を越えるマルチキャスト要求を満足できるようになる。この要求は、他のツリー作成プロトコルでは無視される。

【0019】同一の1つまたは複数のノードにサービスする並列経路の通信ループが存在しないように保証するための機構が含まれる。これは、従来技術では大きな問題であるが、ツリー構成とネットワークのトポロジーの知識へのアクセス権を有し、ループの作成を防止するために、そのツリーの拡張、削除および構成に対する完全な制御を有する、唯一の「オーナー」またはリーダーである、そのツリーのツリー・リーダーを設けることによって対処される。

【0020】最後に、セットアップ・メッセージの直列伝播またはホップ・バイ・ホップ伝播を使用する従来技術とは異なって、一連の並列メッセージを介してツリーを作成することのできる、改良されたツリー・セットアップの機構または方法が含まれる。

【0021】以下に、図1に概略的に示すように、ネットワーク内の各ノードに、ツリー・リーダーとして働く

ための追加機能を備えるように構成された前述の関連特許出願明細書で定義されるセット・マネージャを設け、かつセット・マネージャからツリー・リーダーにまたはその逆に提示される様々な要求および需要に応答することによって、図4に全般的に示す形の多重ノード分散ネットワーク内でツリーの作成、維持および削除というタスクを実行するツリー・リーダーの機能について説明する。

【0022】図1に示す通り、ツリー・リーダー(TL)機能は、セット・マネージャに送られるいくつかの異なるタイプのメッセージを作成する。これらのメッセージには、既知の独自のツリー・アドレスでセットワーク内のリンクをマークすることによって分配ツリーの作成または拡張を行うツリー要求(TREE_REQUEST)メッセージ、ツリーのメンバーを削除するツリー削除(TREE_DELETE)メッセージ、既知のツリー・アドレスでリンクのマークをリフレッシュするツリー・リフレッシュ(TREE_REFRESH)メッセージ、および、ツリーがもはや不要になった時にツリー全体を削除するツリー破棄(TREE_DISCARD)またはツリー破壊メッセージが含まれる。

【0023】これらのメッセージのそれぞれを詳細に説明し、各メッセージによって呼び出される機能を実行する手順を詳細に説明する。ただし、最初に、図1に示すような、共に所与のノード内に常駐するセット・マネージャとツリー・リーダーの間でのツリー要求メッセージのやり取りの幾つかの顕著な特徴を説明する。ツリー要求メッセージは、ツリーの各経路がツリー構成アルゴリズムによってマップされた後に、ツリーの各経路に沿って送られ、そのツリー内の各リンクおよびノードにある様々な出力ポートまたは接続をマークすることによって、ツリーをセットアップするのに使用される。このメッセージは、各関連ノード内のセット・マネージャ(SM)に、伝送リンク、ノード間リンク、および場合によっては末端境界を、あるツリーが所与の時点に含むすべてのノードについて、そのツリーに関して一義的なものとして識別され協定された特定のツリー・アドレスでマークするように要求する。後で詳細に説明するが、ツリー要求メッセージは、ツリーに関連するセットを識別し、ツリー経路に沿う各セット・マネージャによって現セット・メンバーに関連する末端エッジまたは制御点をマークするのに使用されるグループ識別を含めて、様々なメッセージ・フィールドを含んでいる。ツリー要求メッセージはまた、ツリー・リーダーのノードの識別子であるノードIDも含んでいる。ツリー要求メッセージは、ツリーに含まれるすべてのリンクおよびノードにわたって所与のツリーに関して一義的な、32ビット・フィールドのツリー・アドレスと、以下で詳細に説明するようにネットワーク自体の中でツリーを一義的に識別する、ツリー・アドレス相関子インデックス番号とを含ん

でいる。ツリー要求メッセージはまた、戻りツリー・アドレス間隔、受取り側のセット・マネージャから返されるツリー・アドレスの有効範囲の標識、および所与の伝送ユーザがあるツリーに加わりまたはツリーから離れることの通知をツリー・リーダーが受けた際にはセット・メンバー通知、およびツリー上のトラフィックに必要な最小の最大リアルタイム・パケット・サイズの標識、必要とされる最小の最大非リアルタイム・パケット・サイズ、最小の非予約パケット・サイズ、および受取り側セット・マネージャが現リンクをマークまたはマーク解除しなければならないことを示すクリーンアップ・ビットを含む。

【0024】最後に、最初にコピーされた副ノード識別子の標識が含まれる。これは、クリーンアップ・ビット標識がオン状態にセットされている時に使用される経路に沿った、最初にコピーされる副ノードのノードIDと副ノードIDである。

【0025】前述のすべての詳細は以下の議論で扱う。既知のユーザ・セット用の初期分配ツリーの作成は、以下で詳細に定義する多数のステップを伴う。これらのステップとしては、一般に下記のものが含まれる。

【0026】ツリー・リーダーは、ツリー・アドレスを生成しなければならない。これは、乱数発生器で生成される32ビットの乱数である。ツリー・リーダーは、ツリー・リーダーのノードIDと、そのノードのネットワークIDと、4バイトのカウント値とを含むnバイト・フィールドである。ツリー・アドレス相関子インデックスを生成しなければならない。ツリー・リーダーは、セット・メンバー副ノードのリスト、すなわちサービスを受ける各セット・メンバーに接続されたノードのリストをコンパイルしなければならない。ツリー・リーダーは、サービスを受ける副ノードのリストをコンパイルし終えた後に、必要な副ノードのすべてを包含するようにマップされた最短経路または最も効率的な経路を計算するようにツリー計算アルゴリズムに要求しなければならない。ツリー計算機能またはツリー計算アルゴリズム自体は、本発明の一部ではない。多数のツリー計算アルゴリズムが存在し、望みに応じてそのどれを使用してもよい。効率的なアルゴリズムの1つが、ドミトリー・ベルチェカス (Dimitri Bertsekas) およびロバート・ガラガー (Robert Gallager) 著、"Data Network"、1987年、Prentiss-Hall, Inc. に定義されたアルゴリズムである。この著書の第5章p. 312に、親ノードから複数のノード上の1人または複数のユーザにメッセージを分配するための最小重みスパニング・ツリーの経路マップを計算するための2つの有用なアルゴリズムの例が示されている。どちらのアルゴリズムも、本発明の目的に有効であり、既知のユーザ・セットに対する初期分配ツリー経路マップの計算に使用するのに適している。

【0027】ツリー・リーダーは、ツリーの構成時にそ

のツリーの内部イメージまたは内部表現を作成または捕捉しなければならない。セットアップおよび動作中にそのツリーが横切るはずのノードまたは副ノードからの予想されるすべての応答のリストをコンパイルする。ツリー・リーダーは、リアルタイム、非リアルタイムおよび非予約のトラフィックについて、分配ツリー上でサポートされるトラフィックの各タイプごとに、最大パケット・サイズを決定しなければならない。希望するなら、ツリー・リーダーに、ツリーをセットアップまたは定義しようとする試行の回数をカウントする手段と、ツリー要求メッセージを作成する手段を含めることができる。また、ツリー・リーダーは、様々なノードから応答を受け取りそれを解釈する手段と、ツリーの状況、すなわちインネブルされているのかディスインネブルされているのかと、そのツリーのアドレスと、アクセスされる副ノードとを共用できるように、ネットワーク内のセット・マネージャおよびレジストラと通信する手段を有する。

【0028】上述のように、最初のステップは、ツリー・アドレスを生成することである。このツリー・アドレスは、本発明では任意のタイプの乱数発生器によって供給される32ビット乱数である。多数の乱数発生器が、ソフトウェアまたはハードウェアで使用でき、当技術分野で周知であり、したがって、ここでは詳細に説明しない。

【0029】ツリー・アドレス相関子またはインデックス番号は、本発明独自のものであり、好ましい実施例では、ネットワークIDまたはネットワーク全体中のノードの名前を含む。これは、ノードID自体および4バイトのカウント値と連結される。全体として、ツリー・アドレス相関子インデックスは、ネットワーク内でツリーを識別する。カウント値は、新規のツリー・アドレス相関子インデックスが必要とされる時に増分される。ツリー・リーダーが障害を発生する時には、新規のカウント値が必要に応じて生成できるので、そのツリー・リーダーが最後のカウンタ値を記憶しておく必要はない。所与のツリー・リーダーによって維持されるすべてのツリーは、そのツリー・リーダーが障害を発生した場合に破棄される。というのは、そのツリー上に伝送ユーザを有するセット・マネージャが、その障害を検出し、障害を発生したツリー・リーダーのノードから発するすべてのツリーのツリー・アドレスをマーク解除し、そのセット・マネージャの伝送ユーザにそのツリーがもはや存在しないことを知らせるからである。

【0030】相関子インデックスを用いると、複数のツリーが共通の副ノードで交差しない限り、同一のツリー・アドレスをネットワーク内の複数のツリーに使用することができる。

【0031】副ノードのリストは、ツリー・リーダーによって、セット・マネージャとの通信によってコンパイルされ、このセット・マネージャは、ツリー・リーダー

に、そのセット・メンバーの副ノードであるすべての副ノードを含むセット・メンバー・リストを与える。セット・メンバーとその管理は、前述の関連特許出願明細書で定義されるようにセット・マネージャの機能であり、本発明の主題であるツリーの作成および管理には関連しないことを想起されたい。

【0032】 サービスを受けるすべてのメンバーの副ノードを包含する分配ツリーを作成または拡張するのに必要なツリー計算アルゴリズムは、下記の情報を供給されるツリー計算アルゴリズムによって計算される。

【0033】 ツリー・リーダーのノード内の親副ノードすなわちツリーの作成を要求している要求元副ノードのアドレス。内部初期ツリー表現。これは、最初は親副ノードの識別であり、ツリー・リーダーが新規ツリー計算を求めるたびにツリー計算関数によって返される。これは、そのツリーが拡張される際に、次にツリー計算が呼び出される時に入力として使用される。目標副ノードのリスト。これは、ツリーに追加される、あるいは元のツリー内で構成される副ノードのリストである。回避されるリンクまたは副ノードのリスト。これは当初は空リストである。このリストは、後に詳細に説明するように、ツリー要求メッセージに対する前の否定的な応答または前の応答なし状態に基づいて、ツリー・リーダーによって作成される。ツリー計算アルゴリズムには、帯域幅標識も必要である。ビデオ・トラフィック用など、所与の帯域幅が必要な場合、そのような帯域幅をサポートする能力を有するリンクだけが、ツリー計算アルゴリズムによってツリー・リンクの候補として選択され得る。実際の帯域幅要件のなんらかの表示も、このアルゴリズムに与えなければならない。

【0034】 単一方向や両方向など、ツリーの方向性を示す標識が必要である。起点から宛先までの許容可能経路長閾値も必要になることがある。リアルタイムまたは非リアルタイムの標識も与えなければならない。というのは、ツリー上で送られるトラフィックのタイプが変わる可能性があるからであり、リアルタイム・サポートが必要な場合には、リアルタイム・トラフィックをサポートできるリンクだけが、このアルゴリズムによってツリー・リンク候補として選択され得るからである。トラフィックの各タイプごとの最小の最大パケット・サイズも、このアルゴリズムに通信しなければならない。これが必要なのは、少なくとも最小の最大パケット・サイズをサポートできるリンクだけを考慮しなければならないからである。

【0035】 ツリー計算機能アルゴリズムは、要求元のツリー・リーダーに、ツリーの作成または拡張に使用できる、ネットワークの関連ノード間の1組の識別済み経路を返す。これには、最終ツリー表現または経路マップ、最終ツリーが到達できないすべての副ノードのリスト、および各トラフィック・タイプごとの最小の最大パ

ケット・サイズの値の確認も含まれる。ツリー計算アルゴリズムがツリーをうまく計算できない場合、ツリー・リーダーは下記のことを行う。

【0036】 ある分配ツリーの内部表現は、使用される順序に並んだ1組の自動ネットワーク経路指定(ANR)リンク識別子を含む。ツリー・リーダーは、分配ツリーのマップの内部表現を維持する。この内部表現は、起点からそのツリーが終わる様々な末端界または末端副ノードまでのすべてのリンクをその接続の順序で含む。この内部表現は、割り当てられたツリー・アドレスと、この特定のツリーの独自のツリー・アドレス相関子も含む。

【0037】 ツリー計算アルゴリズムから計算済みのツリーを受け取ると、ツリー・リーダーは、必要な情報を計算済みのツリー経路に沿ってマルチキャストで関連するすべてのノードと副ノードに送り、各要素からの応答を待つ。肯定的な応答が返される場合、またはツリー・リーダーが所望のメンバーの一部を省略して制限付きの分配ツリーを確立できる場合、前述の関連特許出願に詳細に記載されるように、ツリー・リーダーが、ネットワーク・レジストラにアサート・メッセージを送って、動作しているツリー・リーダーの機能を引き継がせる。その際に、現ツリー・アドレスおよびアクセスされる副ノードに、イネーブルされたツリーがある。

【0038】 予想される応答のリストが、ツリー計算アルゴリズムによって返される経路セットに従って生成される各経路に沿ってマークされるリンクのリストに基づいて生成される。このリストは、予想される応答の数を決定するのに使用され、そのツリーが両方向通信ツリーである場合には、マークされる各リンクが2つの応答を受け取らなければならない。ツリー・リーダーは、そのノードのセット・マネージャに送られたツリー要求メッセージに対する応答を受け取り、受取りの際にそれらのメッセージを処理する。受け取ったメッセージがすべて肯定である場合、ツリー・リーダーは、ツリー経路のマーク付けを確認するためにツリー・リフレッシュ・メッセージの送出を開始し、そのセット・マネージャにツリー・リーダー・アサート・メッセージを送る。

【0039】 ツリー要求(作成)メッセージから受け取った応答を処理する際に、ツリー・リーダーは、1つまたは複数の応答が否定であり、最初に選択されたツリー・アドレスが、1つまたは複数のノードに既に存在するアドレスと衝突するために無効であることを示すことを発見することがある。ツリー・リーダーは、その応答メッセージ中で返されるすべてのツリー・アドレス間隔に対して論理和を実行し、応答を返すどのユニットによっても使用されていない間隔に含まれるアドレスを選択する。新規ツリー・アドレスから始めて、ただし同一のアドレス相関子インデックスを使って、ツリー作成手順が繰り返される。応答を実際に受け取っており、かつ問題

となるのはツリー・アドレスだけなので、新規ツリー経路を計算する必要はない。

【0040】1つまたは複数の応答を受け取らず、または否定の応答が経路内で所望のリンクが現在動作中でないことを示す場合、あるいはマーク可能なツリー・アドレスの限界が削除される場合、ツリー・リーダーは保留中の参加要求または離脱要求を処理する。というのは、これらの要求が最終的なセット・メンバー・リストに影響し、したがってその分配ツリーに含まれる副ノードに影響するからである。その後、ツリー・リーダーは、それに関する応答を受け取らなかった、あるいは参加することのできない、無効なリンクのリストをコンパイルする。その後、ツリー・リーダーは、返されたアドレス間隔に対して論理和を実行し、その間隔内で未使用のアドレスを選択し、新たに選択されたツリー・アドレスと新しいアドレス相関子インデックスを使ってツリー作成手順を繰り返す。新しい相関子インデックスが必要になるのは、前の試行でマークされたリストが古くなり、現在のメンバーを反映する副ノードのリストと無効なリンクのリストを計算アルゴリズムに提供することによって、ツリーを計算する必要があるからである。

【0041】これらのメッセージと処理の流れの全体的な概略を、図2に示す。あるユーザ・セットに情報を送りたい伝送ユーザは、ツリー・リーダーとして働くセット・マネージャに最初のメッセージを送る。セット・マネージャは、ネットワーク・レジストラに照会して、指定されたセットの現在のセット・リーダーがどれになるかを判定する。その後、セット・マネージャは、セット・リーダーに照会して、そのセットのメンバーに関する情報を見つけ、ステップ4で、ツリー作成処理を開始する。

【0042】伝送ユーザの要求に応答してツリーを作成するステップは、図2に示した情報の流れ1で示される最初のステップであり、セット・リーダーに照会するステップは、セット・マネージャとレジストラの間の情報の流れ2で示され、セット・メンバー情報に関するセット・リーダーの照会は、そのデータの流れ3で示され、セット・マネージャ/ツリー・リーダーは、ツリー作成処理4を実行する。

【0043】図3に、あるユーザ・セットに、そのセットの外部のユーザから情報を送る処理を示す。ユーザはまず、そのセット・マネージャに、識別されたセットに情報を送りたいことを知らせる。セット・マネージャは、レジストラに照会して、識別されたセットのセット・リーダーがどれであるかを見つけ、その情報を要求元の伝送ユーザに返し、その後、このユーザは、その情報を、セット・マネージャを介する遠隔アクセスにより、識別されたセットのツリー・リーダーに直接送り、この情報はそこで適宜分配される。

【0044】制御下の伝送リンク、ノード間リンクおよ

び末端境界上でマークされるすべてのツリー・アドレスにある常駐ノードが有効であることを、すべてのセット・マネージャに伝えるツリー・リフレッシュ・メッセージがツリー・リーダーから送られる。応答は不要である。この情報のフィールドは、ツリー・アドレスとツリー・アドレス相関子インデックスである。セット・マネージャは、ツリー・リフレッシュ・メッセージを受け取るたびに、そのツリー・リフレッシュ・タイマを初期値にリセットする。このタイマが、ツリー・リフレッシュ・メッセージの受取なしに満了した場合、セット・マネージャは、そのツリー・アドレスでマークされたリンクおよび末端境界をすべてマーク解除し、1) そのツリー・アドレス相関子インデックスを介して影響を受けるツリーを識別するセット変更通知メッセージと、2) リフレッシュ・メッセージを受け取らなかったノードIDおよび副ノードIDと、3) 通知の理由を示す標識と、4) ユーザのカウントとを送る。

【0045】ツリー削除プロトコルは、これに類似しており、ツリー・リーダーがツリーから枝を削除する際のプロトコルである。ツリー・リーダーはまた、セットのメンバーへの接続が失われたことに基づいて、ツリーから枝を削除することもできる。ツリー削除メッセージによってこれが達成される。ツリー・リーダー機能は、ツリー・アドレスとツリー・アドレス相関子インデックスを含むツリー削除メッセージを送り、それ自体から刈り取られるツリーの枝の最初の副ノードにANRを送ることによって、それに連結されている、刈り取られる枝のANRを送る。

【0046】ツリーの作成中またはツリーの拡張中にループが形成されないようにするために、ツリー・リーダーは、起こり得る障害を認識し、適宜処置しなければならない。初期ツリーは、ループを回避するツリー作成アルゴリズムによってマップされるので、初期ツリー作成時のループ形成は、ツリー・リーダーにとって問題ではない。しかし、セット・マネージャが障害を発生した場合、ツリー・リンクが障害を発生したことを示すトポロジ更新をツリー・リーダーが受け取った場合、セット・マネージャがツリー・リフレッシュ・メッセージを受け取らなかったことを示すセット変更通知メッセージを受け取った場合、あるいはツリー拡張の試みが失敗した場合、伝送ユーザをそのツリーから除去しなければならないことがなくなり、最後の場合には、伝送ユーザがツリーに追加されないようにしなければならないことがある。しかし、どの場合でも、ツリー・リーダーは、そのツリーを再拡張してそのツリーに特定のユーザを追加するか、あるいは追加を防止するかなければならない。これは、本発明では、クリーン・アップ・マーカー・ビットを用いて達成される。

【0047】ツリー・リーダーは、上記の障害を検出した場合に、障害の結果切断されたすべてのノードまでそ

のツリーを再拡張する。この拡張処理は、切断された副ノードを通して異なるリンクをマークしながら進むことができ、そのツリー内にループを作成する可能性がある。これが発生しないようにするために、ツリー要求メッセージ内でクリーン・アップ標識ビットが「オン」にセットされる。同一のツリー・アドレスを有する複数の経路に、前にそのツリー上にあった副ノードで出会った場合、ツリー・リーダーのクリーン・アップ・ビットが「オン」にセットされていると、そのメッセージを受け取ったノードは、前に存在したリンク接続をマーク解除し、新規に要求されたリンク接続だけをマークする。

【0048】図4に、「ノード1」ないし「ノード11」と称する11個のノードからなる大きな分散ネットワークの一部を概略的に示す。ノードを接続する実線は、活動状態の通信リンクを示し、破線は、このネットワークの図が作成された時に存在したと想定される非活動状態であったリンクを示す。各ノードには、前述の関連特許出願明細書に記載された発明に従って、SM_iないしSM_iとして識別されるセット・マネージャが含まれる。また、各ノードは、1人または複数の伝送ユーザを含むことができる。この伝送ユーザは、セット・リーダーによって管理されるセットの一部であってよい。

【0049】図4では、2つの異なるセットが仮定される。ノード3に常駐するセット・リーダーA (SLA)によって識別されるセットAと、ノード2に常駐するSLBによって代表されるセットBである。2つのツリーが、図4に示す基本的な通信ネットワーク内に示されている。ツリーAは、随意にノード3、6、7、8および9を含む。ツリーAは、セットAのセット・リーダーと同一のノード3に常駐するツリー・リーダーTL_Aによって管理される。セットBのツリー・リーダーは、随意にノード1に常駐し、ツリーBはノード1、2、3、4および5を含む。ネットワーク・レジストラは、随意にノード4に常駐する。様々な伝送ユーザTU_iが、図示のように様々なノードに常駐する。このツリーまたはセット群の外部のノードからのトラフィックは、たとえばノード10またはノード11から発し、ノード10またはノード11のセット・マネージャ (SM) は、ネットワーク・レジストラにアクセスして、あるノードが通信を望む識別されたセットのセット・リーダーのアドレスまたは位置を知ることになり、そのセット・リーダーからツリー・リーダーの識別を覚えてもらうことになり、識別されたツリー・リーダーに分配のためにメッセージを転送することになる。

【0050】様々なツリーを含むノード間のリンク・インターフェースは、関連するツリーに応じて、アルファベット指定「A」または「B」でマークされる。図4では簡単にするために「A」または「B」を使用した。先に述べたように、実際にはより完全なツリー・アドレス指定が使用されることを理解されたい。ノード、たとえば図4

のノード3は、異なる複数のアドレスを有する異なる複数のツリーに衝突なしに参加できることがわかるであろう。図4は、一般的な参照用に使用したものであり、以下の説明で、処理の理解を助けるため随時参照する。

【0051】各ノードのセット・マネージャによって命令コードとして実施される詳細な処理を図5ないし図7に示し、セット・マネージャ内のセット・リーダー機能を図8ないし図11に示す。これらのすべてを、まず図5と図6によって詳細に説明する。処理は、図5と図7のセット・マネージャのブロック1から始まる。というのは、所与のノードのサービス伝送ユーザから要求を最初に受け取って、識別されたセットに情報を送り、ツリーをセットアップする要求を受け取り、ツリーをリフレッシュするなどを行うのがセット・マネージャだからである。様々なシナリオの流れを、以下で詳細に説明する。

【0052】図5のセット・マネージャのブロック1が、サービスを受ける伝送ユーザから、所与のグループIDと、必要とされるサービス品質および帯域幅要求を有する識別されたセットに情報を送るよう求める要求を受け取ると仮定すると、このセット・マネージャは、ブロック2で、指定されたユーザ・グループのセット・リーダー情報を記憶しているかどうか検査する。そうである場合、ブロック10で、帯域幅要件または応答時間要件が要求されているかどうか検査する。そうである場合、ブロック11で、セット・リーダーにセット情報を求める照会を送って、セット・メンバー・カウントとセット・メンバー識別を要求する。

【0053】セット・マネージャは、応答を待ち、ブロック12で肯定の応答を受け取った場合は、ブロック13でそのセット・マネージャがツリー・リーダーになり、伝送ユーザの要件を記録し、ユーザ・セット情報を記録し、ブロック14に出てツリー・リーダー処理に戻り、後で図8ないし図11を参照して説明するようにツリー作成の開始を実行する。ブロック12で肯定の応答を受け取らなかった場合、セット・マネージャは、それがセット・リーダーまたは代理セット・リーダーでないかどうか判定するため検査を行う。それがセット・リーダーまたは代理セット・リーダーである場合、ブロック3に戻って、セット・リーダー情報がセット・マネージャでキャッシュされていないとわかった場合と同様に、トポロジ・データベースを検査する。

【0054】ブロック15の検査で、セット・マネージャがセット・リーダーまたは代理として働いていることが示された場合、ブロック16に進み、要求元の伝送ユーザに否定の応答を返し、ブロック17で、セット・マネージャのブロック1に戻る。

【0055】ブロック10の検査で、帯域幅要件または応答時間要件が要求されなかった場合、すなわちリアルタイム・トラフィックが要求されていない場合、ブロッ

ク18に進んで、そのツリーがディスエーブルされているまたは存在しないかどうかを検査する。ツリーがディスエーブルされていないまたは存在する場合、ブロック19に進み、伝送ユーザにツリー・アドレス情報を与え、ブロック20を経てセット・マネージャのブロック1に戻る。

【0056】ツリーがディスエーブルされているまたは存在しない場合は、ブロック18からブロック21に進む。ここでは、識別されたセットのセット・リーダーへのツリー・イネーブル要求の送出を呼び出し、応答を待つ。ブロック22で肯定の応答を受け取った場合、ブロック23で、ツリー・アクセスを要求した伝送ユーザにツリー・アドレス情報を与え、ブロック24を経て出てセット・マネージャのブロック1に戻る。しかし、否定の応答が返された場合は、ブロック22からブロック15に進み、そこから前に説明したように処理が流れる。

【0057】しかし、識別されたセットに情報を送るように求める最初の要求を受け取った際に、セット・リーダー情報がキャッシュされているかどうかに関するセット・マネージャの検査でそれが存在しないとわかった場合には、ブロック2からブロック3に進み、ここで、トポロジ・データベースを検査して、ネットワーク・レジストラの位置を探す。トポロジ・データベースでレジストラが存在しないことが示された場合、ブロック4からブロック5に出て、要求元の伝送ユーザに否定の応答を返し、ブロック6を経てセット・マネージャのブロック1に戻る。しかし、動作中のネットワーク内では通常そうであるように、レジストラが存在する場合には、ブロック7に進み、セット・マネージャが、セット情報を求める照会をレジストラに送る。ブロック8で応答を待つ。肯定の応答を受け取った場合、ブロック10に進んで、帯域幅またはリアルタイム応答が要求されたかどうか検査し、それに応じて、前に説明したようにブロック11またはブロック18から処理が進む。しかし、肯定の応答を受け取らなかった場合は、ブロック9に進んで、要求されたセットが実際に存在するかどうか検査する。そのセットが存在しない場合は、ブロック5に進み、伝送ユーザに否定の応答を送り、ブロック6を経てセット・マネージャに戻る。しかし、このSMがレジストラでない場合は、ブロック3に再び入って、レジストラを求めて再度トポロジ・データベースを検査する。この処理の全体の結果は、要求元の伝送ユーザが、識別されたセット・リーダーまたはツリー・リーダーにメッセージを送るための情報を有しているか、または否定の応答を受け取り、伝送不能であるかのどちらかである。

【0058】セット・マネージャのブロック1で、ツリー要求、すなわちツリーのセットアップを試みる別のツリー・マネージャから来る、ツリーのセットアップを求める要求を受け取った場合、ブロック25で、クリーン・アップ標識ビットがオンであるかどうかを検査する。

そうである場合、ブロック26に進み、その要求中で識別される受取り側副ノードのSMをツリー要求中の最初にコピーされた副ノードと比較する。これらが同一でない場合、ブロック27に示すように、コピーされた副ノード内のすべてのリンクおよび末端境界からの要求中で受け取った相関子に関連するツリー・アドレスがマーク解除され、処理は、ブロック28に進む。ブロック26で、このツリー要求の最初にコピーされた副ノードが、その要求を受け取る副ノードと実際に同一である場合には、図に示すように、ブロック26から出て直接ブロック28に進む。ブロック28に進むのは、クリーン・アップ標識ビットがオフであるとわかった場合、または前述の他の条件が成り立つ場合である。ブロック28で、所与のノードでどのリンクをマークすべきかを決定し、その後ブロック29へ出る。

【0059】ブロック29では、各リンクを検査して、それがオンライン、すなわち活動状態のリンクであるかどうかを判定する。そうである場合、ツリー要求元のツリー・アドレスでマークされているリンクがあるかどうかを調べる。そうである場合、ブロック35に進み、そのツリー相関子がツリー要求元のツリー相関子と等しいかどうか検査する。そうでない場合は、そのアドレスは既に別のツリー上で使用されており、ブロック36で、そのアドレスが有効でないことを示す否定の応答が送られてくる。しかし、ブロック35でアドレス相関子が一致する場合は、ブロック37に進み、そのノードのリンクが追加のツリー・アドレスをサポートできるかどうか検査する。そうでない場合、やはりツリー・アドレス・プールがこのノードで空になっていることを示す否定の応答が送られ、ブロック31に進んで、その副ノードのための有効なツリー・アドレスのリストを生成し、ブロック32に進んで、ツリー・リーダーに応答を送り、ブロック33で終了してセット・マネージャのブロック1に戻る。

【0060】しかし、ブロック37の検査でそのノードのリンクが追加のツリー・アドレスをサポートできる場合、ブロック39に進んで、要求に含まれるセット・メンバーがその副ノードに存在するかどうかを判定し、次にブロック40に進んで、識別されたツリー・アドレスで適当なリンクまたは末端境界をマークする。セット・マネージャが肯定的な応答を受け取った場合、ブロック41からブロック42に出て、セット・マネージャが、ツリー情報、応答するノードでツリー・アドレスでマークされた伝送ユーザの数、およびツリー・リーダーの位置識別を記録し、ブロック43に進んで、次のツリー・リフレッシュ・メッセージのためにタイムアウト・タイマをセットする。その後、ブロック31に進んで、その副ノードの有効ツリー・アドレス・リストを生成し、ブロック32で、それをツリー・リーダーが使用できるようにツリー・リーダーに送る。

【0061】ブロック34に戻って、そのノードのリンクのうちでツリー要求元のツリー・アドレスでマークされているリンクがない場合は、ブロック44に進み、検査を行って、ツリー要求元のツリー相関子がこれらのリンク上で既知であるかどうかを判定する。そうでない場合、ブロック37に進み、そこから上述のように処理を続行して、そのノードのリンクが追加のツリー・アドレスをサポートできるかどうかを判定する。リンクが追加のツリー・アドレスをサポートできる場合、ブロック39に進んで、前に説明したように処理を続行する。そうでない場合は、ブロック38に進んで、やはり前に説明したように処理を続行する。

【0062】しかし、ツリー要求元の相関子が、セット・マネージャのノードでサービスを受けるリンク上で既知の場合は、ブロック45に進んで、そこで現ツリー・アドレスを有するリンクおよび末端境界をマーク解除し、かつツリー要求元のツリー・アドレスでこれらをマークし、その後、処理はブロック41に流れ、既に説明したように続行する。

【0063】セット・マネージャのブロック1で、ツリー・リフレッシュの要求またはメッセージを受け取った場合、ブロック46に進み、そこで、ツリー・レコード・エージ・フィールドを0にリセットし、その後、ブロック47を経てセット・マネージャのブロック1に戻る。しかし、タイムアウト時間が満了した場合は、ブロック48に進み、セット・マネージャ・ノードがツリー・リフレッシュ信号を受け取らなかったことを示す、ツリー・リーダーへのメッセージを生成し、その後、ブロック49に進んで、そのノードのリンクをマーク解除し、ブロック50を経てセット・マネージャのブロック1に戻る。セット・マネージャのブロック1でツリー削除メッセージを受け取った場合は、図7に示すようにブロック51に進む。セット・マネージャは、識別されたリンクからおよびその副ノードにあるすべての末端境界からのツリー相関子に関連するツリー・アドレスをマーク解除し、その後ブロック52に進んで、ツリー削除応答を生成し、これをツリー・リーダーに送り、ブロック53を経てセット・マネージャのブロック1に戻る。

【0064】セット・マネージャのブロック1で、隣接するセット・マネージャまたは制御点が障害を発生していることを示すトポロジ更新を受け取った場合は、ブロック54に進み、セット・マネージャは、リンクから障害を発生したノードまでのすべてのツリー・アドレスをマーク解除し、ブロック55を経てセット・マネージャのブロック1に戻る。

【0065】前述の処理はすべて、伝送ユーザ、ツリー・リーダーまたはトポロジ・データベースからの要求に回答してセット・マネージャ内で行われる処理であり、トポロジ・データベースが、ネットワークのトポロジに変化があるかどうか監視される。セット・マネージャの

位置に常駐するツリー・リーダーの機能の様々な呼び出しも、既に述べたように図5ないし図7に示されている。ツリー・リーダーの機能の実際の流れは、セット・リーダー、セット・マネージャまたはトポロジ・データベース更新からのメッセージによって呼び出され、これらは、図8ないし図11に示される。

【0066】図8ないし図11では、ツリー・リーダーが機能しており、ツリー作成の指示を受け取った場合、まずブロック56に進む。ブロック56では、ツリー・リーダーが、ネットワークID、ノードID、副ノード指定および32ビット・カウンタ番号を連結することによって、そのツリー・リーダーのネットワーク内の位置に基づいてツリー相関子インデックスを生成する。次に、ブロック57に進み、乱数アドレス発生器によってツリー・アドレスを生成する。ブロック58では、ツリー・リーダーが、セット・メンバー・リストとネットワークのトポロジに基づいて副ノードのリストをコンパイルする。このセット・メンバー・リストとネットワークのトポロジを、要求元伝送ユーザの要求にサービスするセット・マネージャから受け取る。次に、ツリー・リーダーは、ブロック59でツリー計算アルゴリズムを呼び出して、すべての副ノードを包含し、それに対する要求によって設定された品質と帯域幅の要件に合致する、ツリー・マップを計算し、ブロック60で応答を待つ。肯定の応答を受け取った場合、ブロック63に進んで、ツリー・リーダーが、最小の最大パケット・サイズとツリーの副ノード・アドレスまたはルート・アドレスを含む各経路情報を記録し、その後、ブロック64でツリーの各経路のツリー要求を生成する。その後、ツリー・リーダーは、ブロック65で、これらのツリー要求を送り、応答を待ち、ブロック66を経てブロック1のツリー・リーダー・セット・マネージャ機能に戻る。

【0067】ブロック60で肯定の応答を受け取らなかった場合は、ツリー・リーダーは、要求元伝送ユーザに否定の応答を返し、ブロック62でそのツリー・リーダー処理を終了する。ツリー・リーダーのブロック1でそのツリー要求メッセージに対する応答を受け取った時は、ブロック67で応答情報を記録し、その応答が、それが期待している応答のリストからの最後の応答であるかどうか検査する。それが最後の応答でない場合は、ブロック69を経て戻り、最後の応答の受取りを待つ。ブロック68で最後の応答を受け取った場合、ブロック70に進み、再検査を行って、すべての応答を受け取ったかどうかを判定する。すべての応答を受け取ってはいないが、それでも最後の応答が受け取られたことが示される場合は、ブロック83に進んで、ツリー・リーダーが、このツリーの各経路の旧アドレスを消去するがツリーは破棄しない、ツリー削除メッセージを送る。その後、ツリー・リーダーは、ブロック84で使用可能な応答から新規ツリー・アドレスを選択し、ブロック58に

出て、ブロック58からは既に説明したように処理が流れる。

【0068】しかし、ブロック70で、応答がすべて受け取られたことが示される場合、ブロック71で検査を行って、受け取った応答がすべて肯定であるかどうかを判定する。そうである場合、ブロック76に進んで、予想される伝送ユーザがすべてそのツリー上にあるかどうか検査する。そうである場合、ブロック80に進んで、ツリー上の伝送ユーザに関する記録を作成し、要求元ユーザにツリー情報を返し、その後、ブロック81に進んで、ツリー・リフレッシュ・メッセージとリフレッシュ・タイム開始メッセージを送り、ブロック82を経て戻ることによりこの処理が終了する。

【0069】しかし、ブロック71の検査ですべての応答が肯定ではない場合、ブロック72に進んで、無効アドレスを示すセンス・コード・ビットだけを受け取ったかどうかを判定する。そうである場合、ブロック73に進んで、示された使用可能なツリー・アドレスのうちから新規ツリー・アドレスを選択し、ブロック74に進んで、この新規アドレスを使用して旧アドレスを置換し、新規アドレスを用いてツリー要求を再送出し、その後、ブロック75を経て戻る。しかし、無効ツリー・アドレス以外のセンス・コード・エラーを受け取った場合は、ブロック83に進み、「ツリー破棄禁止」表示ビットをオンにセットして各経路に対するツリー削除メッセージを送り、ブロック84以降に関して前に説明したように処理を続行する。すべての応答を受け取り、そのすべてが肯定である場合、ブロック76で検査を行って、予想されるユーザがそのツリー上に存在するかどうかを調べる。それが存在しない場合は、ブロック77に進み、ここで検査を行って、要求されたすべての伝送ユーザがそのツリー上に存在することを要求元のユーザが必要としているかどうかを判定する。そうでない場合、処理はブロック80に流れ、ここでそのツリー上に実際に存在する伝送ユーザを記録し、その情報を要求元の伝送ユーザに返す。しかし、要求元のユーザが、その識別された伝送ユーザがすべて存在することを必要とする場合は、ブロック78に進んで、それが要求したユーザのすべてを包含するツリーを作成できなかったことを示す否定の応答をその伝送ユーザに送り、ブロック79でこのツリー・リーダー処理が終了する。

【0070】ツリー・リーダーのブロック1で、ツリー・リフレッシュ・タイマが満了したことを検出した場合には、ツリー・リーダーは、ブロック85でそのツリー上にツリー・リフレッシュ信号を送り、タイマをリセットし、その後、ブロック86を経て戻る。

【0071】ツリー・リーダーは、ツリー削除応答、すなわちツリー削除メッセージに対する応答を受け取った時、ブロック87に進み、その応答情報を記録する。ブロック88で検査を行って、これが期待される最後の応

答であるかどうかを判定する。そうである場合、ブロック89で、そのツリーを今破棄しなければならないかどうか検査する。そうである場合、ブロック91でツリー・リーダー処理が終了する。そうでない場合は、ブロック90を経てツリー・リーダーのブロック1に戻る。ブロック88で最後の応答を受け取っていない場合は、やはりブロック92を経て戻って、次の展開を待つ。

【0072】ツリー・リーダーが、そのツリーを破棄する時であると指示を受け取った場合、ブロック93に進み、ツリー破棄標識をyesにマークして各経路に対するツリー削除メッセージを生成する。その後、ブロック94に進み、ツリー削除メッセージを送り、応答を待つ。処理は、ブロック95を経て戻る。

【0073】ツリー・リーダーは、指定されたユーザをツリーから除去するようにとの指示を受け取った時、ブロック96に進み、ここで検査を行って、指示されたユーザがそのツリー・リーダーのサービスを受ける副ノード内に存在する最後のユーザであるかどうかを判定する。そうである場合、ブロック97でその副ノードは葉、すなわちそのツリーの最も外側の限界であり、ブロック98に進んで、ツリー削除メッセージを送ってツリーからその副ノードを除去し、ブロック99を経て戻る。しかし、その副ノードが葉でない場合は、ブロック100に進んで、識別されたユーザを単にツリー情報から削除し、その後、ブロック101に進み、処理は戻る。ブロック96の検査で、その伝送ユーザが副ノード内の最後の伝送ユーザでない場合にも同一の結果となり、その後、そのアドレスが単にツリー情報から削除される。

【0074】ツリー・リーダーが、所与のユーザをツリーに追加するようにとの指示または要求を受け取った時は、ブロック102に進んで、その伝送ユーザの副ノードが現在そのツリー上にあるかどうかを判定する。そうである場合、その伝送ユーザには、既にそのツリー上にある副ノードを介して到達できるので、処理はブロック103を経て戻る。ブロック102の判定が否である場合、ブロック105に進むが、これについては少し後で詳細に説明する。

【0075】ツリー・リーダーが、セット・マネージャまたは制御点がネットワーク内で障害を発生したことを示すトポロジ・データベース更新メッセージを受け取った場合、ブロック104に進んで、障害を発生したノードが葉であるかどうかを判定する。そうでない場合、ブロック105に進んで、すぐ後で説明する処理が行われる。そうである場合は、ブロック115に進み、元の要求元ユーザが、すべてのユーザがそのツリー上に存在することを必要としたかどうか検査する。そうである場合、ブロック116に進み、元の要求元ユーザに否定の応答を返し、その後、ブロック117に進み、ツリー・リーダー処理が終了する。元の要求元が、ユーザのすべ

てがそのツリー上に存在することを必要としない場合は、ブロック118に進み、処理は単にブロック1に戻る。

【0076】ツリー・リーダーのブロック1で、そのツリー上のリンクが障害を発生したことを示すトポロジ・データベース・メッセージを受け取った時、またはセット・マネージャがリフレッシュ信号を受け取っていないことを示すメッセージがセット・マネージャから来た時、あるいはブロック102またはブロック104で行われる試験に関して説明した他の条件が否定である場合には、ブロック105に進む。

【0077】ブロック105では、ツリー・リーダーが、既存のツリーに何かを追加するのに必要な副ノード・リストをコンパイルする必要がある。その後、ブロック106に進み、ここでツリー計算アルゴリズムを呼び出して、現在のツリーを新副ノードまで拡張する。これは、リンクが障害を発生し、ツリーを再拡張する必要がある場合と同一の処理になるはずである。ブロック107では、ブロック56でツリー作成の処理を呼び出すことによって送られたツリー作成メッセージに対して肯定の応答を受け取ったかどうか検査を行う。肯定の応答を受け取った場合、ブロック108に進み、各経路の情報を記録し、その後、ブロック109で検査を行って、複数の経路が前にそのツリー上にあった副ノードを横切るかどうかを判定する。そうでない場合、ブロック119に進み、クリーン・アップ・ビットをセットし、最初にコピーされた副ノードのアドレスを要求された拡張の副ノードに等しい値にセットして、各経路のツリー要求を送る。ブロック120では、このツリー要求メッセージを送り、応答を待ち、ブロック121を経て戻ることによって処理を続行する。

【0078】しかし、複数の経路が前にそのツリー上にあった副ノードを横切る場合には、ブロック110に進み、ツリー要求上でクリーン・アップ・ビットをセットして新ツリーの最初の枝をマークし、旧ツリーの残りのすべてのリンクをマーク解除することによって、これらのリンクをクリーン・アップする。その後、ブロック111に進み、ツリー上に残りのリンクを置く追加のツリー要求があればそれを実行する。その後、ブロック112を呼び出し、ここでクリーン・アップ・ビットをオンにセットしたツリー要求を送り、関係する副ノードに関する応答を待つ。最後に、ブロック113で、ツリー・リーダーが、クリーン・アップ・ビットをオフにセットした残りのツリー要求を送り、ブロック114を経て戻る。

【図面の簡単な説明】

【図1】通信リンクによって接続されたノードの分散ネットワーク内の各ノードにあるセット・マネージャが引

き受けることのできる様々な動作機能間でのメッセージの交換を示す概略図である。各ノードは、セット管理のタスク、伝送ユーザ・サポート、セット・リーダー管理機能、ネットワーク・レジストラ機能および代理セット・リーダー機能を実行する機能を有し、これらの機能はすべて前述の関連特許出願に詳しく記載されている。図1に示した好ましい実施例には、新型のツリー・リーダー機能と、図1に示すメッセージ交換プロトコルが含まれる。

10 【図2】ツリー・リーダーとして動作中のセット・マネージャを概略的に示し、所与のユーザ・セットのために分配ツリーを作成するのに必要なメッセージおよび制御の流れを示す図である。

【図3】ツリー・リーダーとして動作中のセット・マネージャの、ツリーのメンバーにマルチキャストを介してメッセージを送ることを望む伝送ユーザをサポートする役割を概略的に示す図である。

20 【図4】本発明の機能ならびに、上述の関連特許出願に記載の機能をすべて含む、大型の多重ノード・ネットワークの一部を概略的に示す図である。

【図5】セット・マネージャによってサポートされる伝送システム・ユーザからの要求に応答してツリー・リーダー機能ヘインターフェースするために、セット・マネージャで必要な処理の概略の流れを示す図である。

【図6】セット・マネージャによってサポートされる伝送システム・ユーザからの要求に応答してツリー・リーダー機能ヘインターフェースするために必要な、セット・マネージャにおける処理の概略の流れを示す図である。

30 【図7】ツリー・リーダーと1組の伝送システム・ユーザにインターフェースする際の、セット・マネージャの追加機能を示す図である。

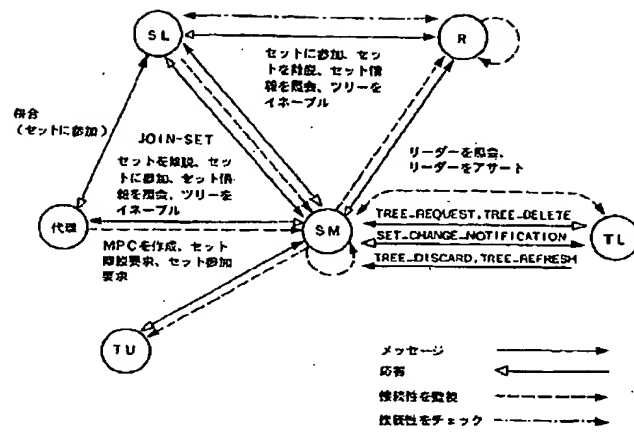
【図8】本明細書に記載の本発明の好ましい実施例による、1ノードのセット・マネージャにおいて動作するすべてのツリー・リーダー機能をサポートするのに必要な動作の流れを概略的に示す図である。

40 【図9】本明細書に記載の本発明の好ましい実施例による、1ノードのセット・マネージャにおいて動作するすべてのツリー・リーダー機能をサポートするのに必要な動作の流れを概略的に示す図である。

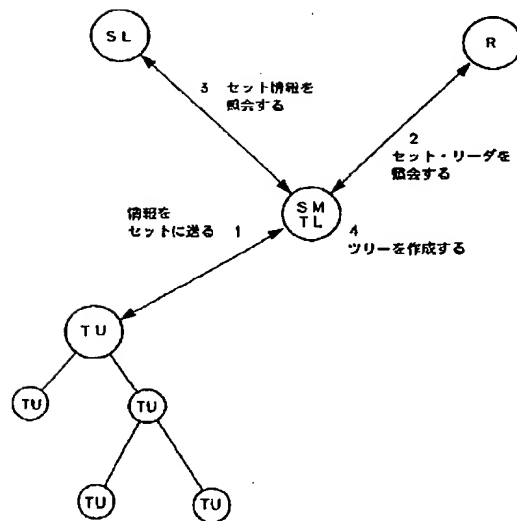
【図10】本明細書に記載の本発明の好ましい実施例による、1ノードのセット・マネージャにおいて動作するすべてのツリー・リーダー機能をサポートするのに必要な動作の流れを概略的に示す図である。

【図11】本明細書に記載の本発明の好ましい実施例による、1ノードのセット・マネージャにおいて動作するすべてのツリー・リーダー機能をサポートするのに必要な動作の流れを概略的に示す図である。

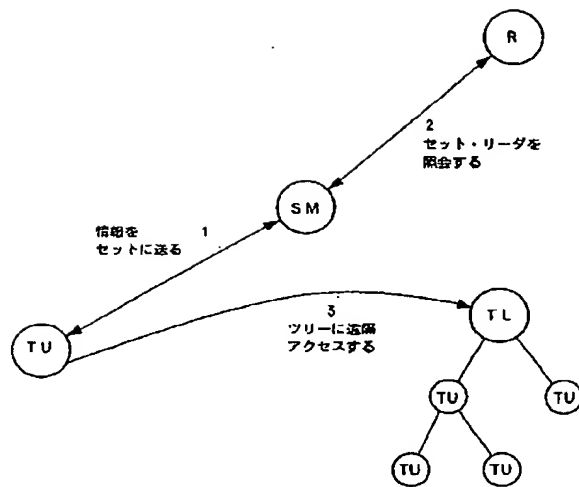
【図1】



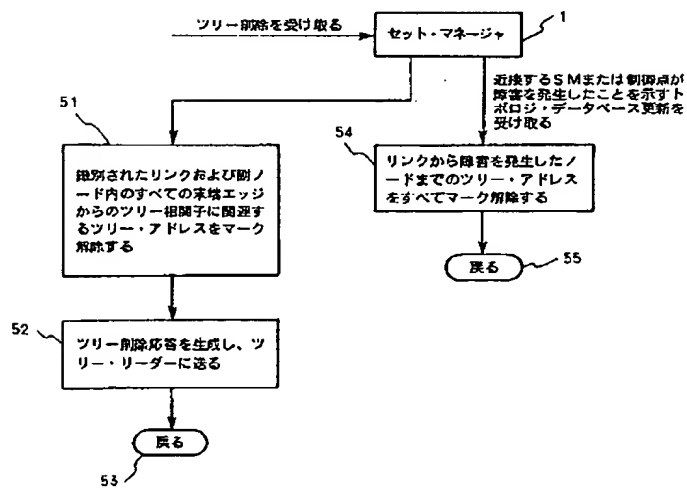
【図2】



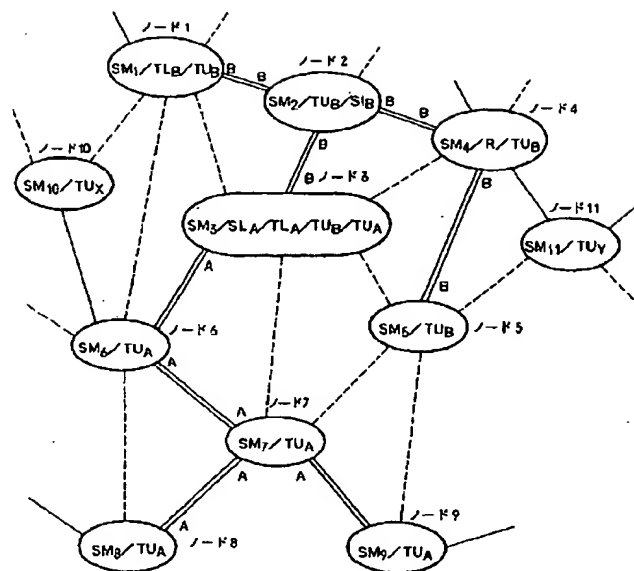
【図3】



【図7】



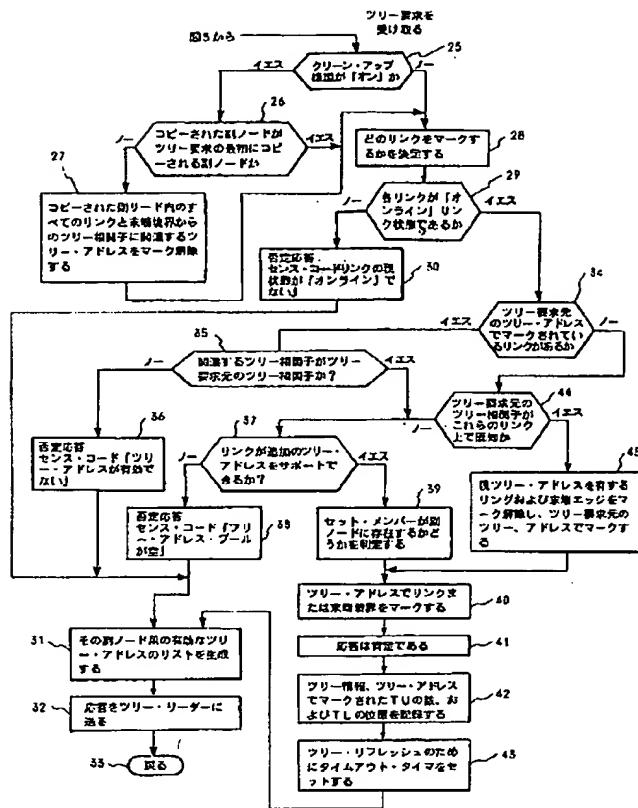
【図4】



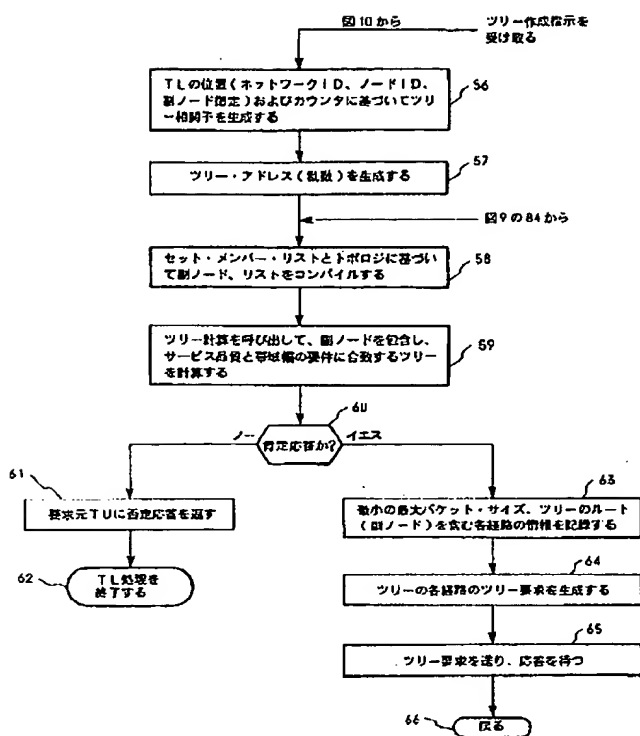
```

graph TD
    Start([スタート]) --> S1{S1: 前組が  
キャンセル  
されているか}
    S1 -- イエス --> S2{S2: セット・マニュー  
ジャを  
受け付ける}
    S1 -- ノー --> S3[トボロジ・データ  
ベースを  
検索して  
レジストラを  
探す]
    S3 -- ノー --> S4{S4: レジストラが  
存在するか}
    S4 -- イエス --> S5[セット固有の  
名前を  
用典に  
レジストラに  
掛ける]
    S4 -- ノー --> S6[既定の  
名を  
TUIに  
通す]
    S5 --> S7{S7: 設定が  
正しいか}
    S6 --> S7
    S7 -- イエス --> S8{S8: セットが  
存在  
しないか}
    S7 -- ノー --> S9{S9: 設定が  
正しいか}
    S8 -- イエス --> S10{S10: 外部  
装置に  
付いた  
プログラム・  
ロジックが  
消滅した  
か}
    S8 -- ノー --> S11[セット  
状態  
の  
な  
ら  
に  
つ  
い  
て  
、  
セ  
ット・  
デ  
ン  
パ  
ー・  
カ  
ウ  
ン  
ト  
と  
セ  
ット・  
デ  
ン  
パ  
ー・  
を  
再  
装  
入  
す  
る]
    S10 -- イエス --> S12{S12: プリ  
ー・リ  
フ  
レ  
ッ  
シ  
ン  
が  
取  
り  
出  
さ  
れ  
て  
い  
る  
か}
    S10 -- ノー --> S13{S13: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S12 -- イエス --> S14{S14: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S12 -- ノー --> S15{S15: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S13 -- イエス --> S16{S16: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S13 -- ノー --> S17{S17: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S14 -- イエス --> S18{S18: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S14 -- ノー --> S19{S19: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S15 -- イエス --> S20{S20: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S15 -- ノー --> S21{S21: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S16 -- イエス --> S22{S22: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S16 -- ノー --> S23{S23: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S17 -- イエス --> S24{S24: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S17 -- ノー --> S25{S25: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S18 -- イエス --> S26{S26: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S18 -- ノー --> S27{S27: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S19 -- イエス --> S28{S28: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S19 -- ノー --> S29{S29: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S20 -- イエス --> S30{S30: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S20 -- ノー --> S31{S31: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S21 -- イエス --> S32{S32: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S21 -- ノー --> S33{S33: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S22 -- イエス --> S34{S34: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S22 -- ノー --> S35{S35: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S23 -- イエス --> S36{S36: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S23 -- ノー --> S37{S37: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S24 -- イエス --> S38{S38: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S24 -- ノー --> S39{S39: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S25 -- イエス --> S40{S40: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S25 -- ノー --> S41{S41: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S26 -- イエス --> S42{S42: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S26 -- ノー --> S43{S43: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S27 -- イエス --> S44{S44: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S27 -- ノー --> S45{S45: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S28 -- イエス --> S46{S46: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S28 -- ノー --> S47{S47: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S29 -- イエス --> S48{S48: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S29 -- ノー --> S49{S49: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S30 -- イエス --> S50{S50: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S30 -- ノー --> S51{S51: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S31 -- イエス --> S52{S52: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S31 -- ノー --> S53{S53: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S32 -- イエス --> S54{S54: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S32 -- ノー --> S55{S55: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S33 -- イエス --> S56{S56: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S33 -- ノー --> S57{S57: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S34 -- イエス --> S58{S58: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S34 -- ノー --> S59{S59: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S35 -- イエス --> S60{S60: プリ  
ー・  
イ  
ン  
プ  
ル  
を  
再  
装  
入  
し  
て  
再  
装  
入  
す  
る}
    S35 -- ノー --> S61{S61:
```

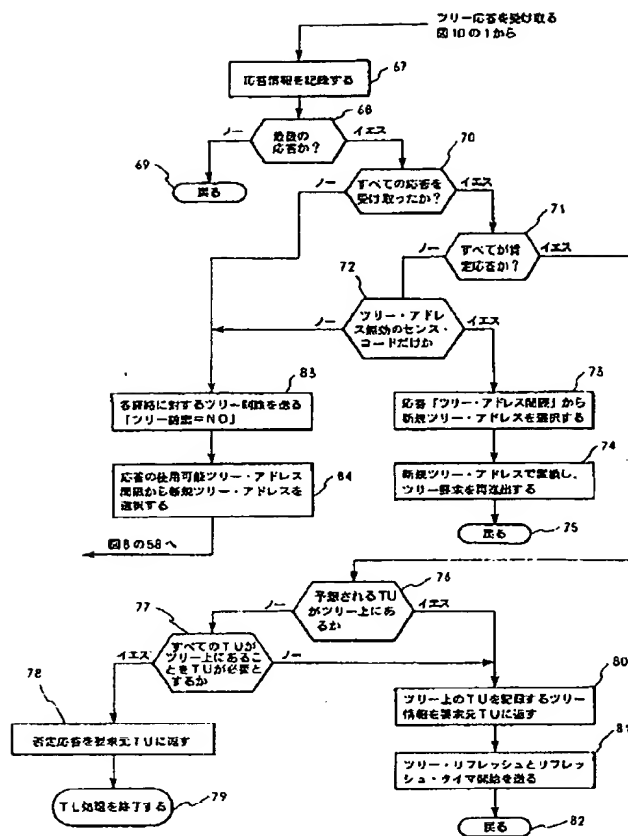
【図6】



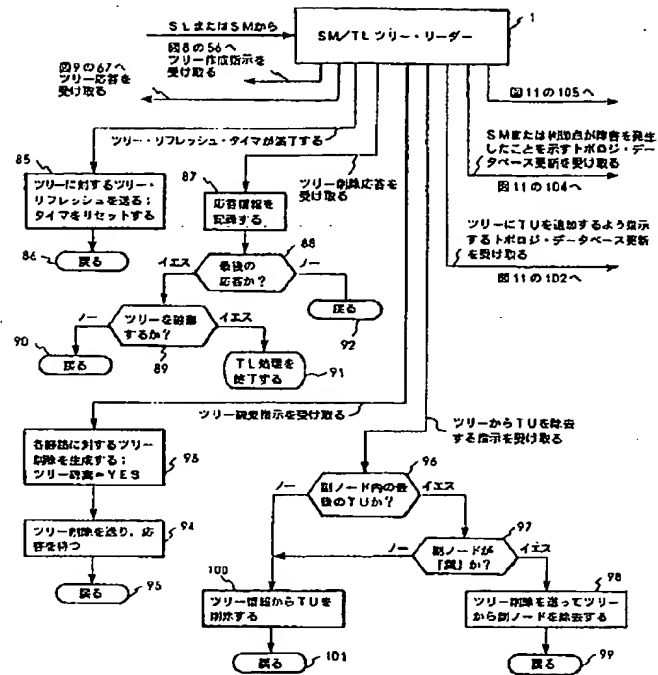
【図8】



【図9】



【図10】



43

(72)発明者 マーク・アダム・カブラン
アメリカ合衆国10536、ニューヨーク州カ
トナ、ホリー・ヒル・レーン、アール・エ
フ・ディー5

44

(72)発明者 マーシア・ランバート・ピーターズ
アメリカ合衆国27312、ノース・カロライ
ナ州ピッツボロ、ニュー・ホープ・トレ
ルズ6
(72)発明者 マイケル・ジェームズ・ウオード
アメリカ合衆国06511、コネティカット州
ニュー・ヘーヴン、ウェスト・パーク・ア
ベニュー25